

## BAGIAN I

### PENGERTIAN KONVERSI ENERGI

#### 1. Pengantar

##### a. Energi

Energi merupakan sesuatu pengertian yang tidak mudah didefinisikan dengan singkat dan tepat. Energi yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan, tetapi dapat dirasakan adanya. Energi atau yang sering disebut tenaga, adalah suatu pengertian yang sering sekali digunakan orang. Kita sering mendengar istilah krisis energi yang bermakna untuk menunjukkan krisis bahan bakar (terutama minyak). Bahan bakar adalah sesuatu yang menyimpan energi, jika dibakar akan diperoleh energi panas yang berguna untuk alat pemanas atau untuk menggerakkan mesin. Energi dalam kehidupan sehari-hari arti gerak, misal seorang anak banyak bergerak dan berlari-lari dikatakan penuh dengan energi. Energi juga dihubungkan dengan kerja. Seseorang yang mampu bekerja keras dikatakan mempunyai energi atau tenaga besar. Jadi boleh dikatakan energi adalah sesuatu kekuatan yang dapat menghasilkan gerak, tenaga, dan kerja.

##### b. Konversi Energi

Energi dalam pengetahuan teknologi dan fisika dapat diartikan sebagai kemampuan melakukan kerja. Energi di dalam alam adalah suatu besaran yang kekal (hukum termodinamika pertama). Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat dikonversikan/berubah dari bentuk energi yang satu ke bentuk energi yang lain, misalnya pada kompor di dapur, energi yang tersimpan dalam minyak tanah diubah menjadi api. Selanjutnya jika api digunakan untuk memanaskan air dalam panci, energi berubah bentuk lagi menjadi gerak molekul-molekul air. Perubahan bentuk energi ini disebut *konversi*. Sedangkan perpindahan energi disebabkan adanya perbedaan temperatur yang disebut *kalor*. Energi juga dapat dipindahkan dari suatu sistem ke sistem yang lain melalui gaya yang mengakibatkan pergeseran posisi benda. Transfer energi ini adalah kemampuan suatu sistem untuk menghasilkan suatu *kerja* yang pengaruh/berguna bagi kebutuhan manusia secara positif. Jadi energi adalah suatu kuantitas yang kekal, dapat berubah bentuk, dan dapat pindah dari satu sistem ke sistem yang lain, akan tetapi jumlah keseluruhannya adalah tetap.

##### c. Sistem Konversi Energi dalam Suatu Sistem

Energi dalam suatu sistem tertentu dapat dirubah menjadi usaha, artinya kalau energi itu dimasukkan ke dalam sistem dan dapat mengembang untuk menghasilkan usaha. Sebagai contoh sistem konversi energi, apabila bahan bakar bensin (premium) yang dimasukkan ke dalam silinder mesin konversi energi jenis motor pembakaran dalam, misalnya sepeda motor. Energi ( $C_8H_{18}$ /iso-oktan atau nilai kalor) yang tersimpan sebagai ikatan atom dalam molekul bensin/premium dilepas pada waktu terjadi pembakaran dalam silinder, hasil pembakaran ini ditransfer menjadi energi panas/kalor. Energi

panas yang dihasilkan ini akan mendorong torak/piston yang ada dalam silinder, akibatnya torak/piston akan bergerak. Bergeraknya torak/piston terjadi transformasi energi, yaitu dari energi panas menjadi energi kinetik. Selanjutnya energi kinetik ditransfer menjadi energi mekanik yang menghasilkan usaha (kerja). Kerja yang merupakan hasil kemampuan dari sistem yang berguna bagi kepentingan manusia, yaitu dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain yang jauh jaraknya.

## 2. Macam-macam Energi

### a. Energi Mekanik

Energi yang tersimpan dalam energi kinetik atau energi potensial dan dapat ditransisi atau transfer untuk menghasilkan usaha/kerja.

### b. Energi Listrik

Energi yang berkaitan dengan akumulasi arus elektron dan bentuk transisi atau transfernya adalah aliran elektron melalui konduktor jenis tertentu. Energi listrik dapat disimpan sebagai energi medan elektrostatis dan merupakan energi yang berkaitan dengan medan listrik akibat terakumulasinya muatan elektron pada pelat-pelat kapasitor. Energi medan listrik ekuivalen dengan energi medan elektromagnetis yang sama dengan energi yang berkaitan dengan medan magnet yang timbul akibat aliran elektron melalui kumparan induksi.

### c. Energi Kimia

Energi yang keluar sebagai hasil interaksi elektron di mana dua atau lebih atom/molekul berkombinasi sehingga menghasilkan senyawa kimia yang stabil. Energi kimia hanya dapat terjadi dalam bentuk energi tersimpan. Bila energi dilepas dalam suatu reaksi maka reaksinya disebut reaksi eksotermis yang dinyatakan dalam kJ, BTU, atau kkal. Bila dalam reaksi kimia energinya terserap maka disebut dengan reaksi endotermis. Sumber energi bahan bakar yang sangat penting bagi manusia adalah reaksi kimia eksotermis yang pada umumnya disebut reaksi pembakaran. Reaksi pembakaran melibatkan oksidasi dari bahan bakar fosil.

### d. Energi Nuklir

Energi nuklir adalah energi dalam bentuk energi tersimpan yang dapat dilepas akibat interaksi partikel dengan atau di dalam inti atom. Energi ini dilepas sebagai hasil usaha partikel-partikel untuk memperoleh kondisi yang lebih stabil. Satuan yang digunakan adalah juta-an elektron reaksi. Reaksi nuklir dapat terjadi pada peluruhan radioaktif, fisi, dan fusi.

### e. Energi Termal (Panas)

Merupakan bentuk energi dasar di mana dalam kata lain adalah semua energi yang dapat dikonversikan secara penuh menjadi energi panas. Sebaliknya, pengonversian dari energi termal ke energi lain dibatasi oleh hukum Termodinamika II. Bentuk energi transisi dan energi termal

adalah energi panas (kalor), dapat pula dalam bentuk energi tersimpan sebagai kalor laten atau kalor sensibel yang berupa entalpi.

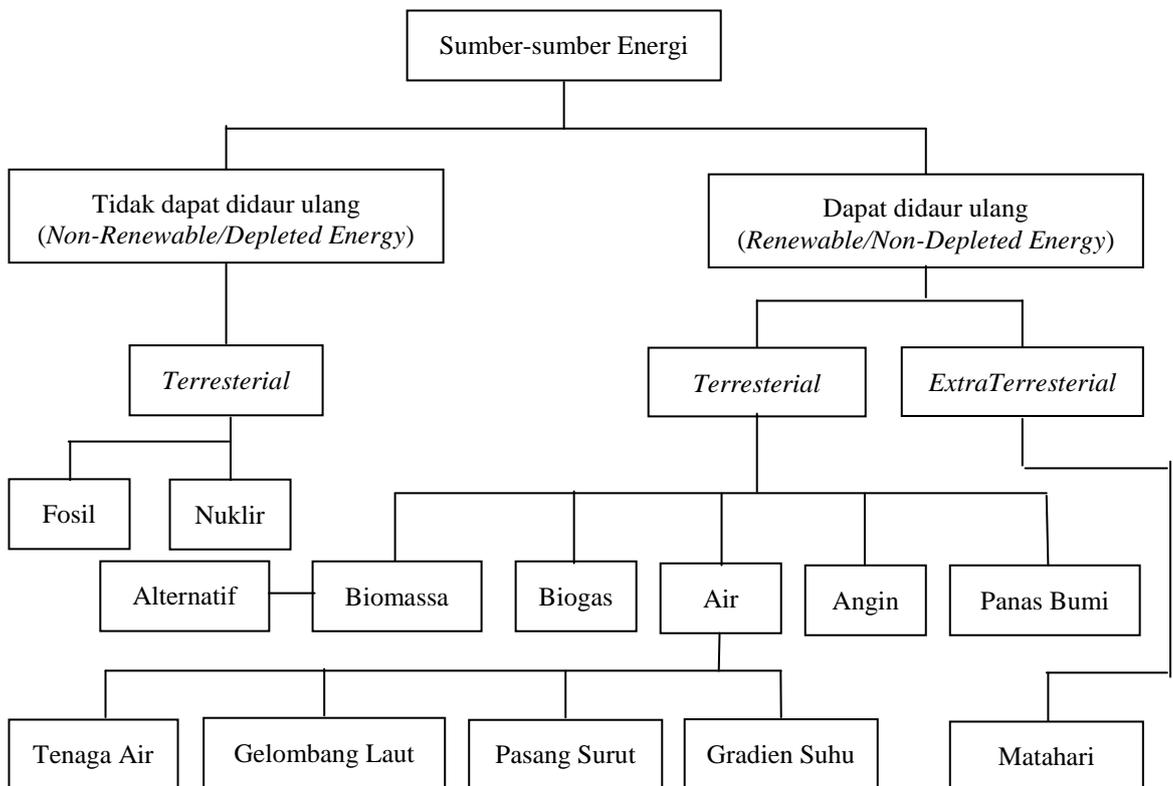
### 3. Sumber-Sumber Energi

#### a. Pendahuluan

Sumber energi merupakan tempat muncul atau timbulnya energi yang dapat dimanfaatkan untuk kehidupan manusia dipermukaan bumi. Sumber energi dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Berasal dari bumi (*terrestrial*),
2. Berasal dari luar bumi (*extra terrestrial*),
3. Berdasarkan sifatnya.

Sumber energi dari bumi dapat dikategorikan jenis *renewable* atau *non-depleted* dan *non-renewable* atau *depleted energy*. Sumber energi yang *renewable* atau dapat didaur ulang, misalnya kayu, biomassa, biogas. Sumber energi dari luar bumi bersifat tidak habis atau *non-depleted energy resource*, misalnya energi surya dan energi sinar kosmis. Sedangkan energi yang sifatnya tidak bisa diperbaharui atau dapat habis (*non-renewable* atau *depleted energy*) adalah minyak bumi (mineral), baru bara, dan gas alam.



Gambar 1. Diagram Klasifikasi Sumber Energi.

b. Sumber-sumber Energi yang Dapat Habis (*Non-Renewable/Depleted Energy Resources*)

Sumber-sumber energi yang dapat habis dan langka daur ulang yang berasal dari bumi (*terrestrial*) adalah sumber-sumber energi konvensional yang pada umumnya merupakan energi tambang atau energi fosil yang berasal dari perut bumi, seperti minyak bumi, gas, batu bara, dan energi nuklir.

1) Sumber energi fosil

Energi fosil tersimpan dalam bentuk bahan bakar minyak, batu bara, dan gas. Bahan bakar ini berasal dari fosil-fosil yang telah terbenam dalam perut bumi milyaran tahun yang silam, ada yang mengatakan minyak dan gas berasal dari fosil-fosil binatang laut dan binatang darat, sedangkan batu bara dari fosil-fosil kayu-kayu. Bahan bakar fosil ini diperoleh dengan jalan menambang dari dalam perut bumi, minyak dan gas melalui pengeboran, sedangkan batu bara diperoleh melalui pengalihan permukaan atau dalam tanah.

Bahan bakar minyak diperkirakan akan habis pada akhir abad ke XXI. Gas alam diprediksi oleh para ahli akan habis kurang lebih 100 tahun lagi, sedangkan cadangan batu bara akan habis lebih kurang 200 sampai 300 tahun yang akan datang. Ketiga jenis bahan bakar fosil tersebut dikategorikan sebagai energi yang kurang akrab lingkungan karena kadar polusinya cukup tinggi. Kadar CO<sub>2</sub> semakin meningkat akhir-akhir ini, menyebabkan suhu udara menjadi meningkat, mengakibatkan sebagian es di kutub mencair dan tinggi permukaan laut terus meningkat yang lambat laun akan mengakibatkan banjir besar di kota-kota yang berada di tepi pantai di seluruh dunia.

2) Sumber energi nuklir

Sumber energi ini merupakan sumber energi hasil tambang lainnya yang termasuk jenis logam non-ferro. Energi nuklir dapat dibudidayakan melalui proses fisi dan fusi. Energi nuklir walaupun bersih, tetapi mengandung resiko bahaya radiasi yang dapat mematikan sehingga pengelolaannya harus ekstra hati-hati dan juga memerlukan modal yang besar untuk investasi awal.

b. Sumber-sumber Energi yang Dapat Didaur Ulang (*Renewable/Non-Depleted Energy Resources*)

Di sini ada dua jenis energi, yaitu energi yang dapat didaur ulang (*renewable energy*) dan energi yang tidak habis sepanjang masa (*non-depleted energy*). Energi yang dapat didaur ulang berasal dari bumi, antara lain biomassa, biogas, kayu bakar, dll. Energi tidak habis sepanjang masa dari bumi (*terrestrial*), panas bumi, air laut, dan angin, sedangkan dari luar bumi, adalah energi matahari/surya.

1) Biomassa

Biomassa adalah proses daur ulang melalui fotosintesis di mana energi surya memegang peranan. Daun menyerap energi surya untuk proses pertumbuhannya dan mengeluarkan gas CO<sub>2</sub>. Energi surya yang diserap tumbuh-tumbuhan diproses menjadi energi kimia sebagai energi dalam bentuk

tersimpan. Tumbuh-tumbuhan tersebut akan mengeluarkan energi tersimpannya pada proses pengeringan maupun saat dibakar langsung. Dapat pula melalui proses untuk menghasilkan bahan bakar yang cukup potensial, seperti etanol, metana, atau gas lainnya, dan bahan bakar dalam bentuk cair (minyak nabati). Nilai kalor/bakar dari tumbuh-tumbuhan kering dapat mencapai 4800 kkal/kg. Beberapa proses konversi dari biomassa menjadi bahan bakar, adalah melalui:

1. Proses Pirolisa
2. Proses Hidrogasifikasi
3. Proses Hidrogenisasi
4. Proses Distalasi Distrutif
5. Proses Hidrolisa Asam

Bahan bakar hasil dari proses biomassa, dikenal dengan istilah bahan bakar alternatif. Contoh bahan bakar alternatif ini, adalah:

- a) Buah Bitanggul yang bernama latin *Umpilum*, sebagai salah satu bahan baku membuat energi alternatif. Biji buah bitanggul bisa menghasilkan biodiesel. Mulanya biji buah Bitanggul dijemur seharian hingga kering. Setelah itu dibungkus dengan kertas saring. Setelah didiamkan dalam sejam, lalu dimasukkan ke dalam tabung. Setelah itu, biji buah bitanggul yang telah dibungkus dalam kertas diberi cairan Petroleum eter. Air yang menetes dari kertas saring tersebut sudah menjadi biodiesel. Air yang berwarna merah tersebut, lalu diuapkan agar berubah menjadi warna kuning bening agar terlihat seperti solar. "Lima buah Bitanggul dapat menjadi 25 mililiter solar dalam waktu dua jam,"
- b) Buah jarak merupakan tanaman yang sudah tidak asing bagi masyarakat Indonesia. Tanaman ini digunakan sebagai bahan bakar pesawat Jepang saat menjajah Indonesia pada 1942 sampai 1945. Hampir semua bagian tanaman ini bisa dimanfaatkan. Kandungan minyak jarak mempunyai rendemen minyak (trigliserida) dalam inti biji sekitar 55 persen atau 33 persen dari berat total biji.
- c) Jagung menjadi alternatif yang penting sebagai bahan baku pembuatan ethanol (bahan pencampur BBM). Karenanya, kebutuhan terhadap komoditas ini pada masa mendatang diperkirakan mengalami peningkatan yang signifikan. Bioethanol ( $C_2H_5OH$ ) adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Produksi bioethanol ini mencakup 3 (tiga) rangkaian proses, yaitu: Persiapan Bahan baku, Fermentasi, dan Pemurnian.

## 2) Gas bio (Biogas)

Gas Bio (Biogas), adalah sumber energi yang bersih dan murah. Diproduksi dari kotoran hewan dan sampah busuk melalui proses anaerobik melalui kegiatan mikrobial organisme. Gas yang diperoleh mengandung 70 persen gas metan. Suatu sistem gas bio terdiri dari:

1. Tanki pencampur
2. Pencerna (*digester*)
3. Tanki penyimpan gas

#### 4. Pembakar gas

#### 5. Kotoran hewan/sampah busuk sebagai bahan baku

Adapun proses terjadinya (diproduksinya) gas bio tersebut, adalah sebagai berikut: Kotoran hewan (lembu)/sampah busuk dicampur dengan air, dimasukkan ke dalam tanki pencampur, diaduk sampai rata sehingga membentuk lumpur kotoran yang biasa disebut dengan *slurry* yang kemudian dimasukkan ke dalam *digester* untuk menghasilkan gas bio. Gas yang terbentuk dikumpulkan dan disimpan dalam tanki penyimpanan gas. Suatu estimasi kasar memberikan gambaran bahwa kebutuhan masak-memasak dengan gas bio untuk konsumsi 30 orang, memerlukan 30 m<sup>3</sup> gas per hari dengan kebutuhan kotoran binatang ternak seberat 200 kg yang dapat dihasilkan oleh lebih kurang 40 ekor lembu.

### 3) Air

Air adalah sumber energi yang dapat didaur ulang yang dapat dibedakan menurut tenaga air (*hydropower*). Suatu energi air penggerak turbin bergantung kepada energi potensial air pada suatu ketinggian tertentu. Energi potensial air dikonversikan menjadi energi mekanis melalui sebuah turbin yang kemudian dikonversikan kembali ke dalam bentuk energi listrik melalui sebuah generator listrik. Daya keluaran dari pusat listrik tenaga air bergantung dari aliran massa air yang mengalir dan ketinggian jatuhnya air. Indonesia memiliki potensi tenaga air yang cukup besar. Penggunaan potensi tenaga air skala kecil dan menengah mulai dikembangkan dan digalakkan akhir-akhir ini untuk menghasilkan pusat tenaga mini dan mikrohidro di daerah-daerah yang potensi sumber energi airnya tidak terlampaui besar. Sumber energi air dapat digolongkan sebagai bagian dari sumber energi surya. Hal ini mengingat keberadaan air berasal dari proses penguapan air laut melalui radiasi sinar matahari. Hasilnya berakumulasi menjadi gumpalan awan tebal yang mengandung uap air untuk kemudian berubah menjadi air hujan. Air hujan ditampung dalam bendungan-bendungan sebagai sumber energi air yang berpotensi tinggi.

#### 4) Energi gelombang laut

Merupakan sumber energi yang berasal dari gelombang laut yang dikonversikan melalui sistem mekanisme torak yang bekerja maju mundur mengikuti irama gerak gelombang laut. Beberapa sistem energi gelombang laut sedang dikembangkan dan akan menjadi alternatif untuk menghasilkan energi listrik.

#### 5) Energi pasang surut

Sumber energi yang diperoleh dari adanya perbedaan air laut pada saat pasang dan surut. Di dunia ini terdapat daerah-daerah yang mempunyai perbedaan pasang-surut yang cukup signifikan, yaitu lebih dari 10 meter. Selisih ketinggian tersebut cukup potensial untuk menggerakkan turbin air berskala besar dengan ketinggian jatuh yang rendah, tetapi dapat menghasilkan tenaga listrik dengan daya besar sampai ratusan megawatt.

#### 6) Energi gradien suhu

Sumber energi yang berasal dari perbedaan suhu air laut di permukaan dan pada ke dalaman laut tertentu. Perbedaan suhu ini dimanfaatkan untuk menghasilkan sistem konversi energi. Gradien suhu air laut yang dikenal dengan istilah *OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion)*. Teknik energi gradien suhu memanfaatkan suhu permukaan air laut yang diperoleh dari panas akibat pancaran matahari, jadi boleh dikatakan bahwa energi gradien suhu sebagai bagian dari energi surya.

#### 7) Energi angin

Merupakan sumber energi yang didapat dari perbedaan tekanan di permukaan bumi sehingga terjadi aliran udara (angin). Perbedaan itu disebabkan adanya radiasi matahari yang memanaskan permukaan bumi, akibatnya terjadi perbedaan temperatur dan rapat massa udara yang berdampak pada perbedaan tekanan udara. Aliran udara (angin) tersebut dapat dipercepat dengan adanya perputaran bumi pada porosnya dengan kecepatan putaran konstan.

#### 8) Energi panas bumi

Merupakan energi *terrestrial* yang berlimpah adanya dan dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit tenaga listrik – tenaga panas bumi. Secara alami temperatur bumi meningkat  $30^{\circ}\text{C}$  pada kedalaman setiap kilometer kecuali yang dekat dengan gunung berapi yang aktif, di mana aliran magma yang panas dapat muncul ke permukaan bumi dengan panas yang mencapai  $250^{\circ}\text{C}$ . Temperatur panas bumi pada kedalaman 25 km dari permukaan bumi dapat mencapai  $750^{\circ}\text{C}$ . Secara ekonomis kedalaman yang ideal untuk eksploitasi sumber panas bumi adalah kurang dari 10 km dengan temperatur kerja  $150^{\circ} - 300^{\circ}\text{C}$ . Energi panas bumi yang berada lebih kurang 10 km dari permukaan bumi berdasarkan estimasi mampu memberi sistem energi panas dengan kapasitas produksi 200 MW selama 10.000 tahun. Energi panas bumi di daerah Kamboja Jawa Barat berkapasitas 150 MW.

#### 9) Energi surya

Merupakan sumber energi yang berlimpah ruah, bersih, bebas polusi, dan tidak akan habis sepanjang masa. Energi surya adalah energi di luar bumi (*extra terrestrial energy*) yang dapat dimanfaatkan melalui konversi langsung, seperti pada fotovoltaik dan secara tidak langsung melalui pusat listrik tenaga surya.

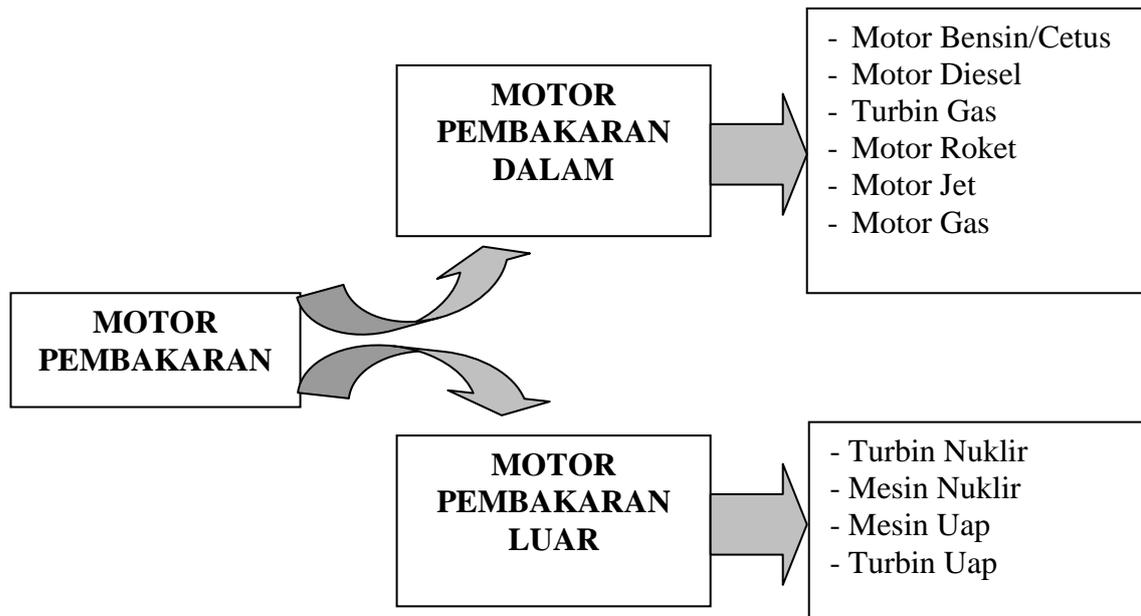
### 4. Mesin Konversi Energi

Mesin konversi energi adalah mesin-mesin yang dapat mentransfer suatu energi ke dalam bentuk energi lain. Mesin konversi energi dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

1. Mesin Konversi Energi Konvensional
2. Mesin Konversi Energi Non-konvensional

### 1. Mesin Konversi Energi Konvensional

Mesin konversi energi konvensional umumnya menggunakan sumber energi konvensional yang tidak terbarui, kecuali untuk turbin hidropower. Mesin konversi energi konvensional dapat diklasifikasi menjadi motor pembakaran, mesin-mesin fluida, dan mesin pendingin.



Gambar 2. Skema Klasifikasi Motor Pembakaran.

### 2. Mesin Konversi Energi Non-konvensional

Mesin-mesin yang memanfaatkan sumber energi *Terrestrial* dan *Extra Terrterial* yang berasal dari alam. Ada beberapa jenis Mesin konversi energi non-konvensional; sistem pembangkit tenaga panas bumi, sistem pembangkit energi surya, pesawat pengkonversi tenaga angin (*wind power*), pesawat pengkonversi energi termal samudra (OTEC), pesawat pengkonversi energi pasang-surut, sistem pembangkit energi gelombang laut, pembangkit uap energi nuklir, dan pesawat *magneto hydro dynamics (MHD)*

## TUGAS/LATIHAN

Berilah jawaban dari soal-soal berikut ini.

1. Apa yang dimaksud dengan energi?
2. Apa yang dimaksud dengan konversi energi dan bagaimana prosesnya?
3. Jelaskan, apa maksud dari *Renewable/Non-Depleted Energy* dan *Non-Renewable/Depleted Energy*? Beri contoh energi yang termasuk ke dalam kedua jenis ini.